



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO

LUBRICANTES Y COMBUSTIBLES

Unidad 2: Biocombustibles



Ing. Christian Ismael Montaleza Guamán, M.Sc.



OBJETIVO DE LA UNIDAD



- ❑ Comprender los conceptos fundamentales de los biocombustibles, sus tipos, procesos de producción, ventajas y desafíos en comparación con los combustibles tradicionales.

CONTENIDO UNIDAD 1

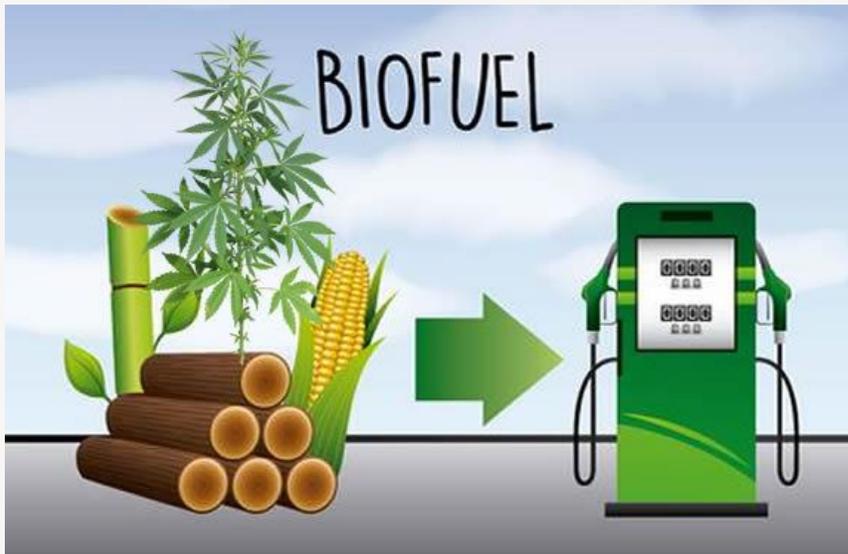


- 2.1 Tipos de biocombustibles.
- 2.2 Factores de los combustibles.
- 2.3 Octanaje.
- 2.4 Cetanaje.
- 2.5 Densidad.
- 2.6 Viscosidad.
- 2.7 Ppm de minerales contaminantes.



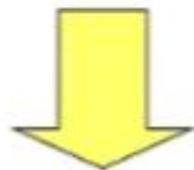
2.1 Tipos de biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles renovables y sostenibles obtenidos de fuentes biológicas como biomasa vegetal, animal o residuos orgánicos.





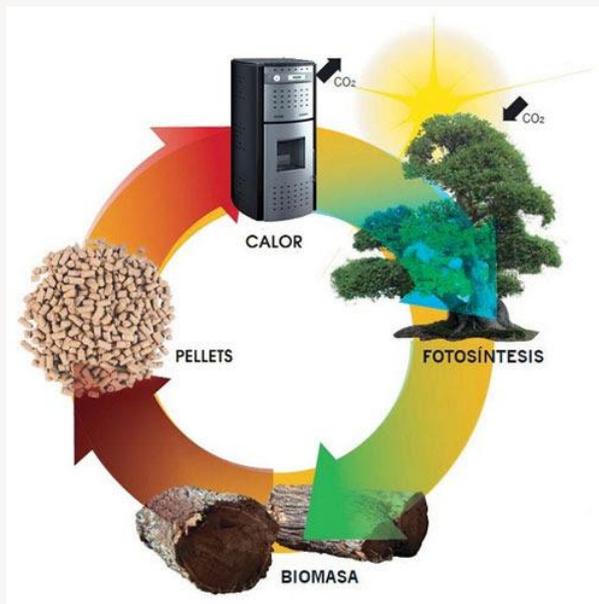
TRANSFORMACIONES FÍSICAS O QUÍMICAS



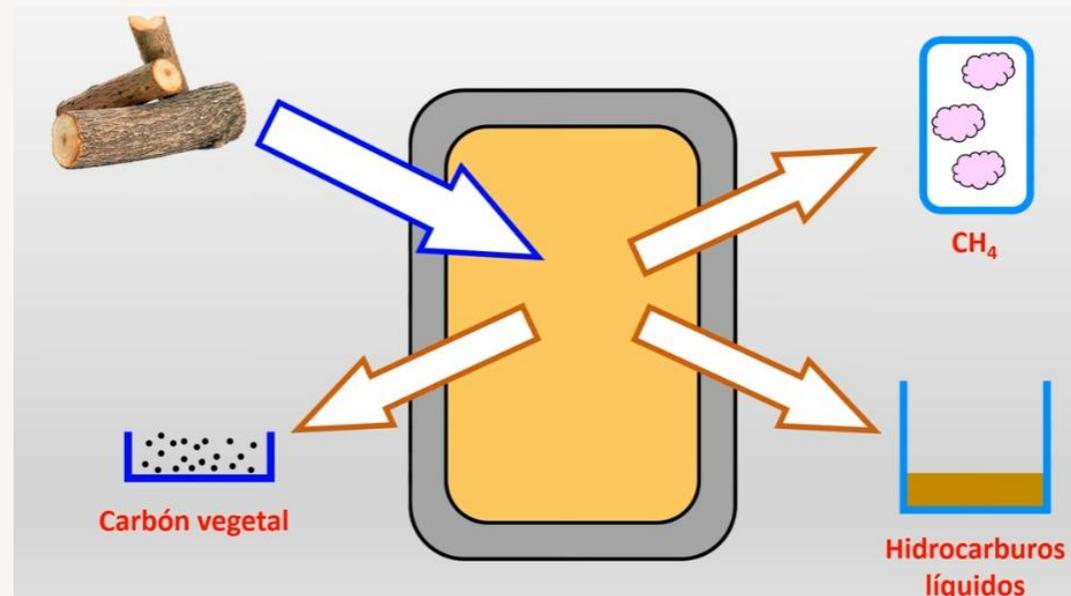
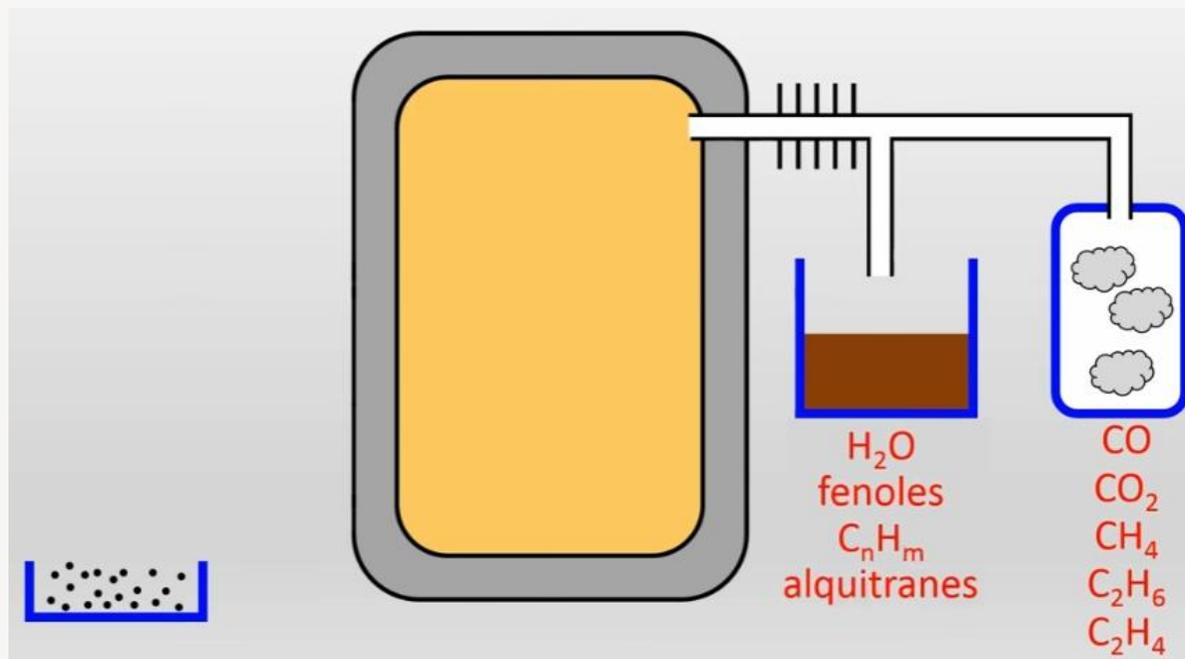
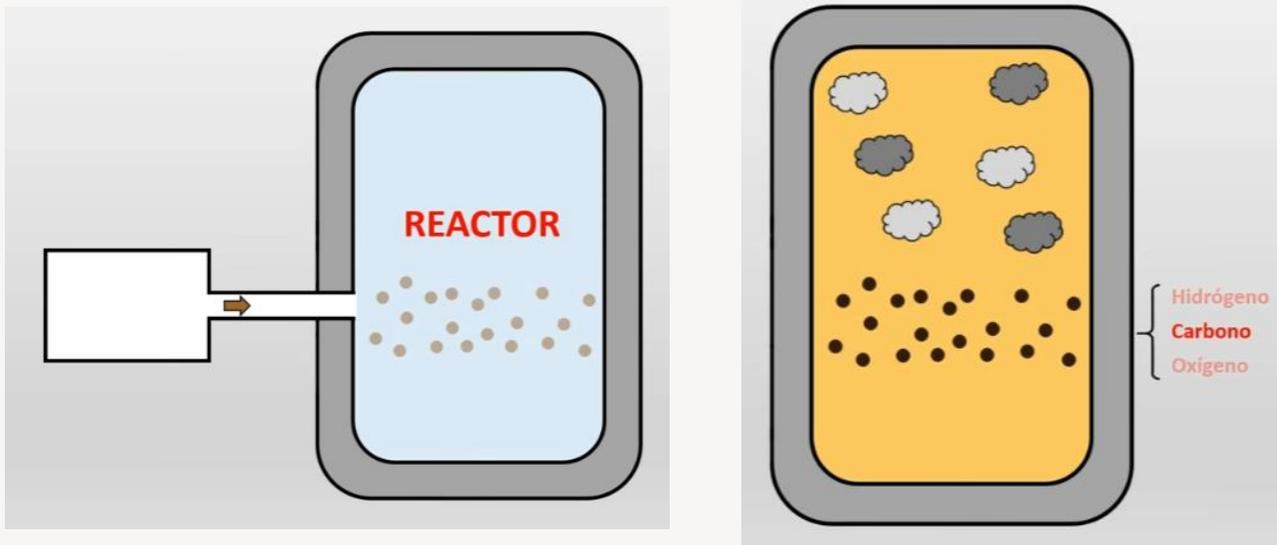
BIOMASA



BIOCOMBUSTIBLE



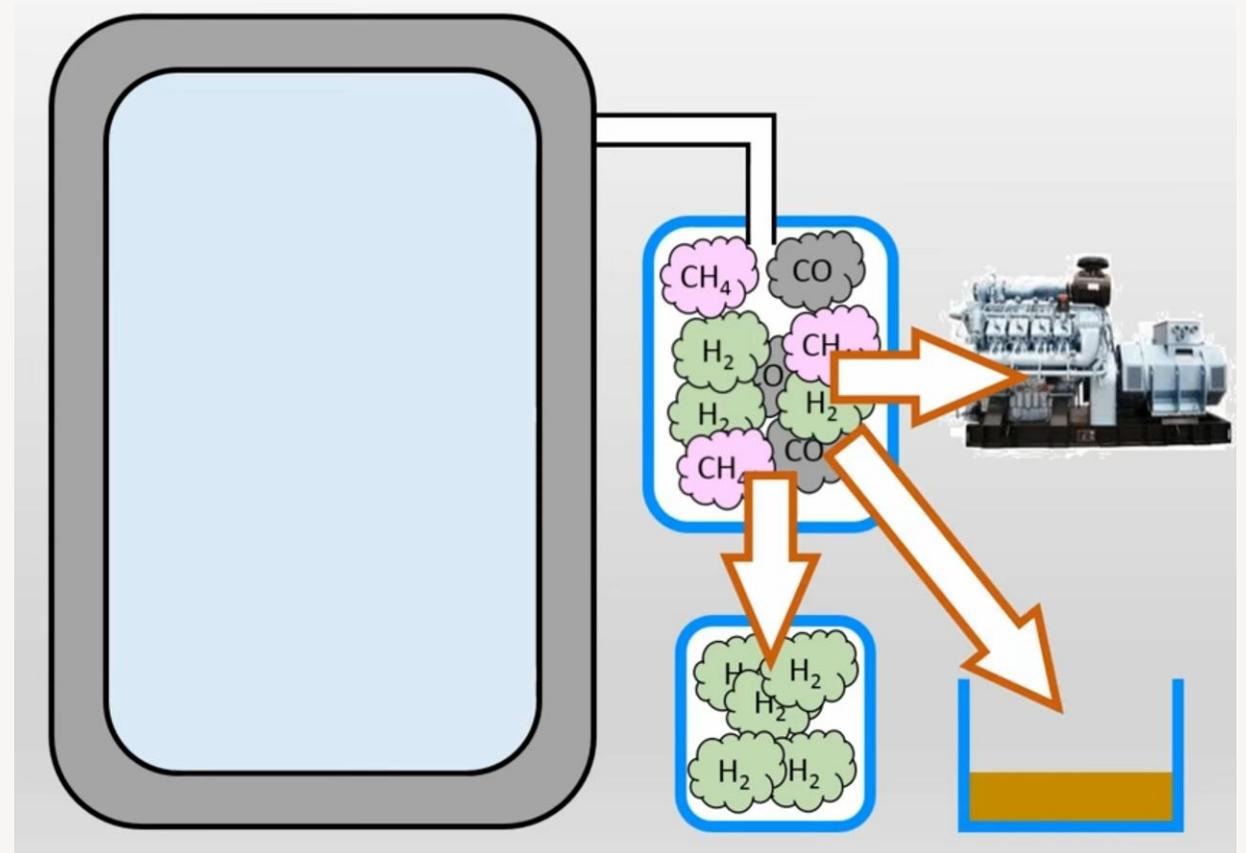
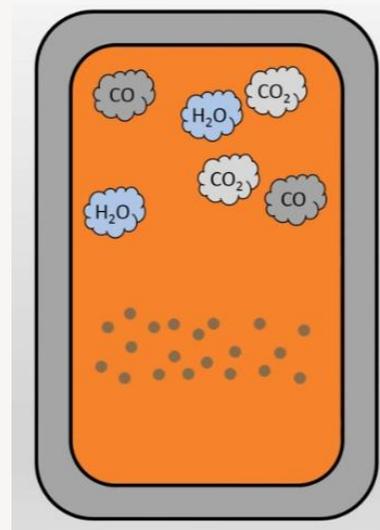
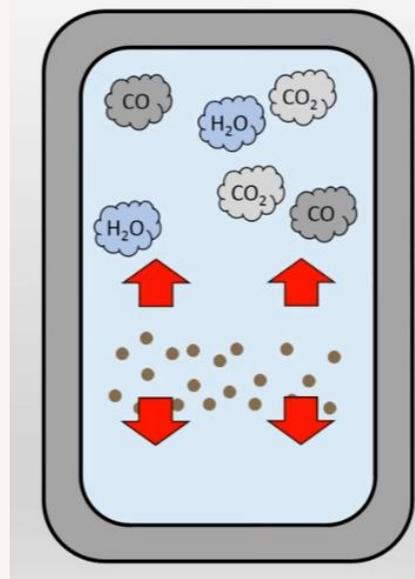
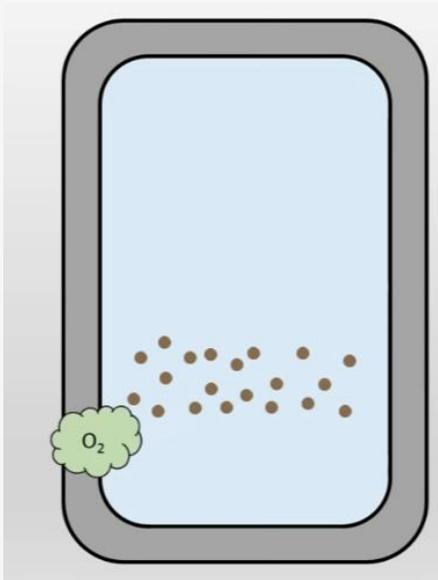
PILORIS



GASIFICACIÓN

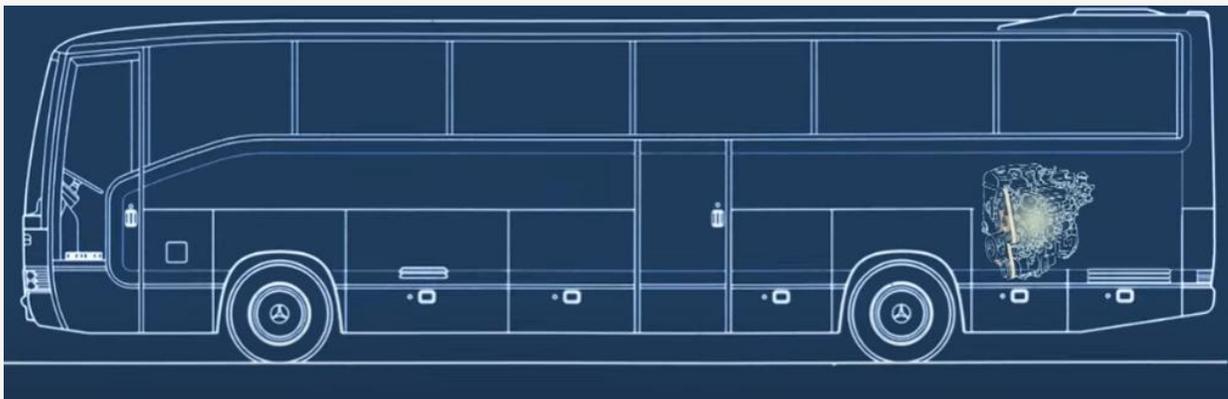
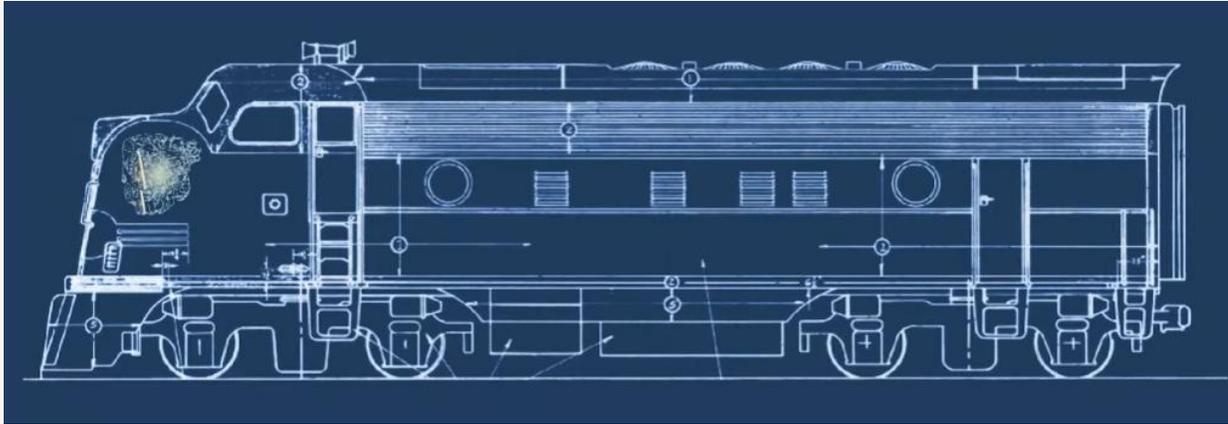


INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO
DEL AUSTRO



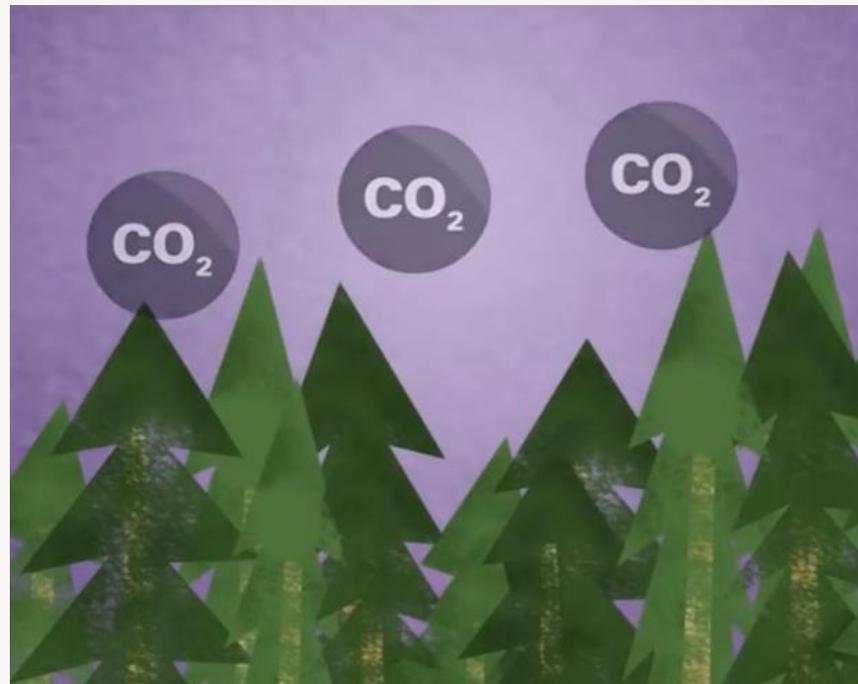
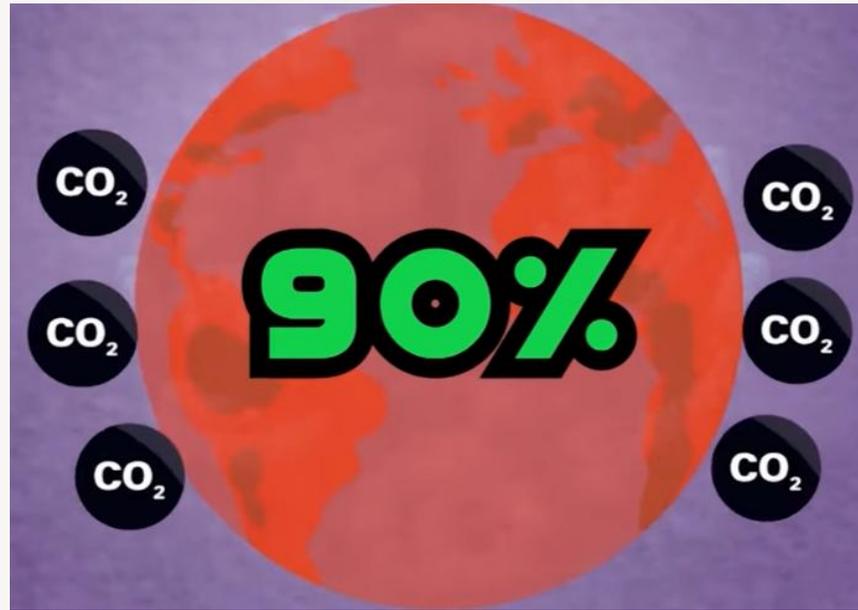


¿En que vehículo se puede usar el biocombustible?





CO₂



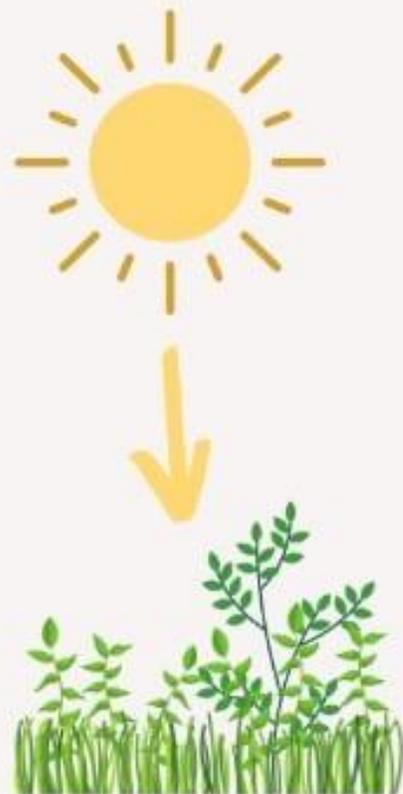


Tipo de Combustible	 Pros	 Contras
BIOMASA SÓLIDA	Renovable, reduce residuos, desarrollo rural	Emisiones de partículas, requiere espacio de almacenamiento
BIOETANOL	Menos emisiones de CO ₂ , biodegradable	Menor eficiencia energética, competencia con cultivos alimentarios
BIODIÉSEL	Menos emisiones de CO ₂ y SO ₂ , biodegradable	Mayor viscosidad, costos de producción
BIOGAS	Reduce residuos, puede ser usado en generación de energía	Contiene CO ₂ , costos de infraestructura
COMBUSTIBLES FÓSILES	Alta densidad energética, infraestructura establecida	Emisiones de CO ₂ y contaminantes, no renova

E-DIESEL

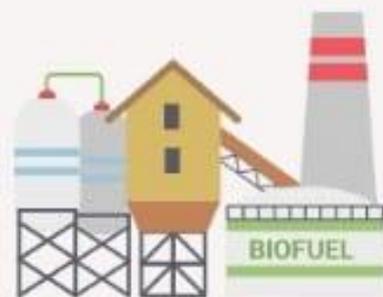
Tipos de Biocombustibles	Materia prima	Ventajas	Desventajas
Primera generación	Cultivos alimentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Costo eficiente • Simplicidad y solidez del proceso • No requiere pre-tratamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos alimentos vs combustible • Alta demanda de superficie de tierra y agua
Segunda generación	Residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Valorización de residuos • Economía circular • No hay conflicto alimentos vs combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Pre-tratamientos costosos • Procesos más complejos que 1ra generación • Recolección de residuos
Tercera generación	Algas	<ul style="list-style-type: none"> • Captura directa de CO2 • No se utiliza suelo/agua • No hay conflicto alimentos vs combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de refinamiento de combustible para su comercialización





Cultivos y proveedores
de materias primas

CADENA DE SUMINISTRO BIOCOMBUSTIBLES



Biorrefinerías y plantas
de procesamiento



Centros de distribución



Mercados





TEST DE BIOCOMBUSTIBLES

<https://www.youtube.com/watch?v=-G7uFG8PO44>

2.3 Octanaje

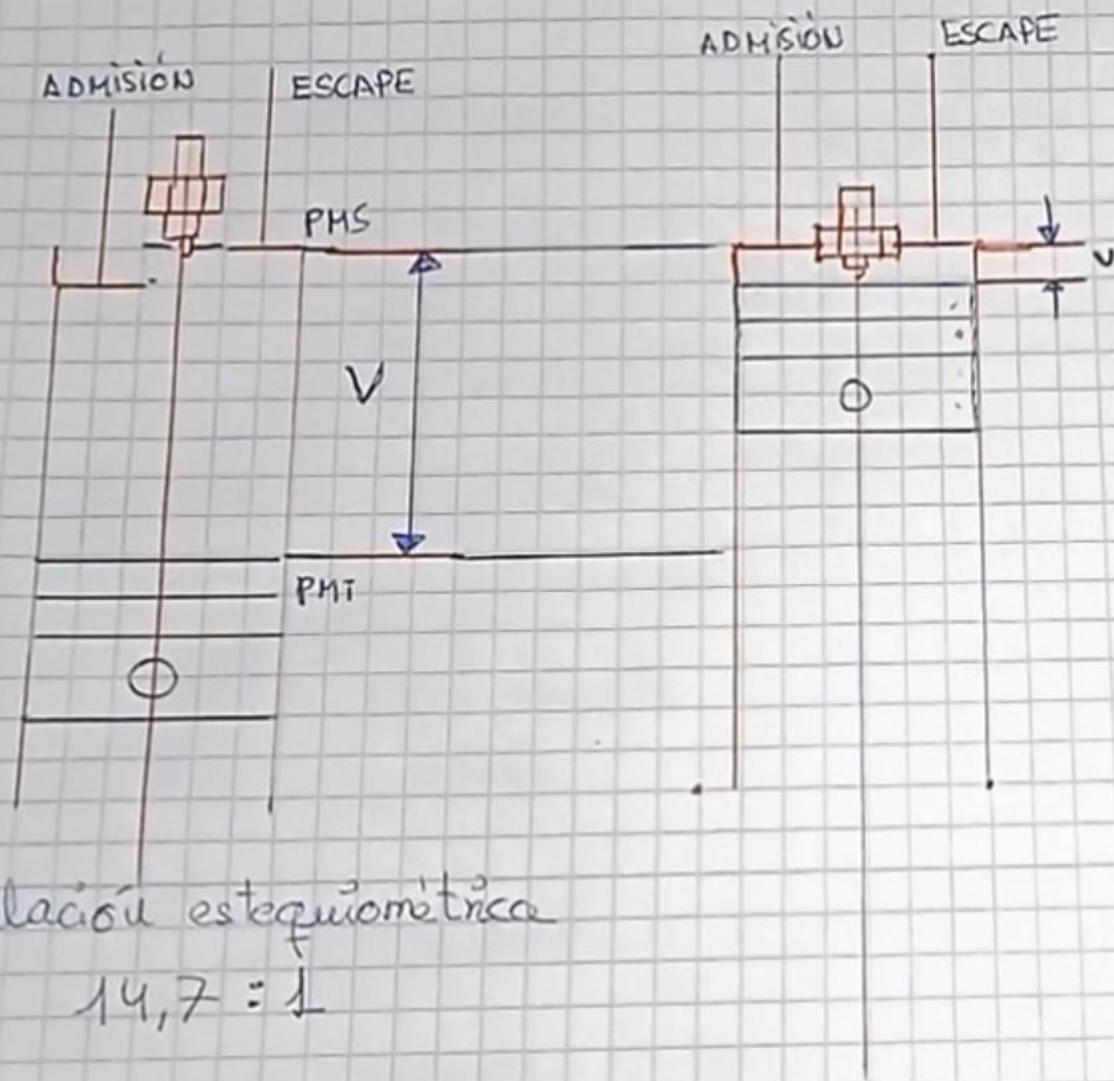
El octanaje de un biocombustible, específicamente el bioetanol, suele ser mayor que el de la gasolina convencional.

Bioetanol tiene alrededor de 110 octanos.

El bioetanol E85, que es una mezcla de 85% de etanol y 15% de gasolina, también tiene un alto octanaje, alrededor de 105.

El término **octanaje** hace referencia a la capacidad de resistencia que tiene la gasolina a la detonación durante el proceso de compresión que ocurre en el interior de los cilindros de los motores de los vehículos.





RELACION DE COMPRESION

$$R_c = \frac{V+v}{v}$$

Motores de baja compresión { 6 - 8 : 1 }

Motores de compresión media o moderada { 9 - 11 : 1 }

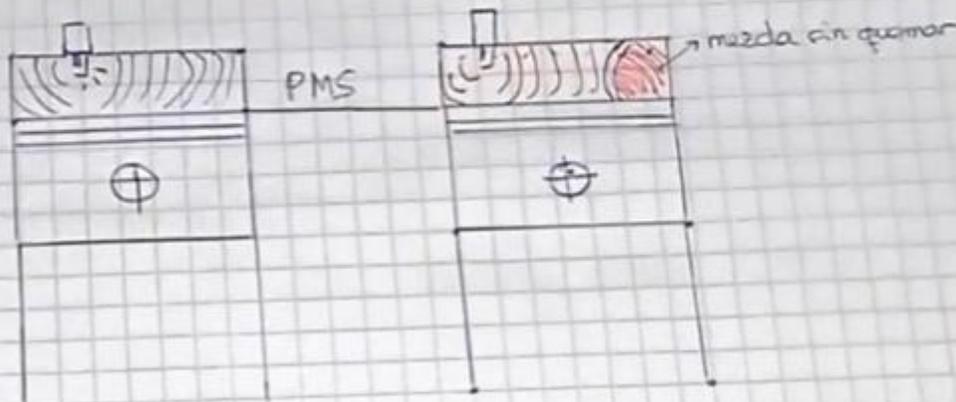
Motores de alta compresión { > 11 : 1 }

Relación estequiométrica

$$14,7 = 1$$

COMBUSTIÓN DESEABLE

COMBUSTIÓN DETONANTE



OXIDACIÓN: reacción muy lenta

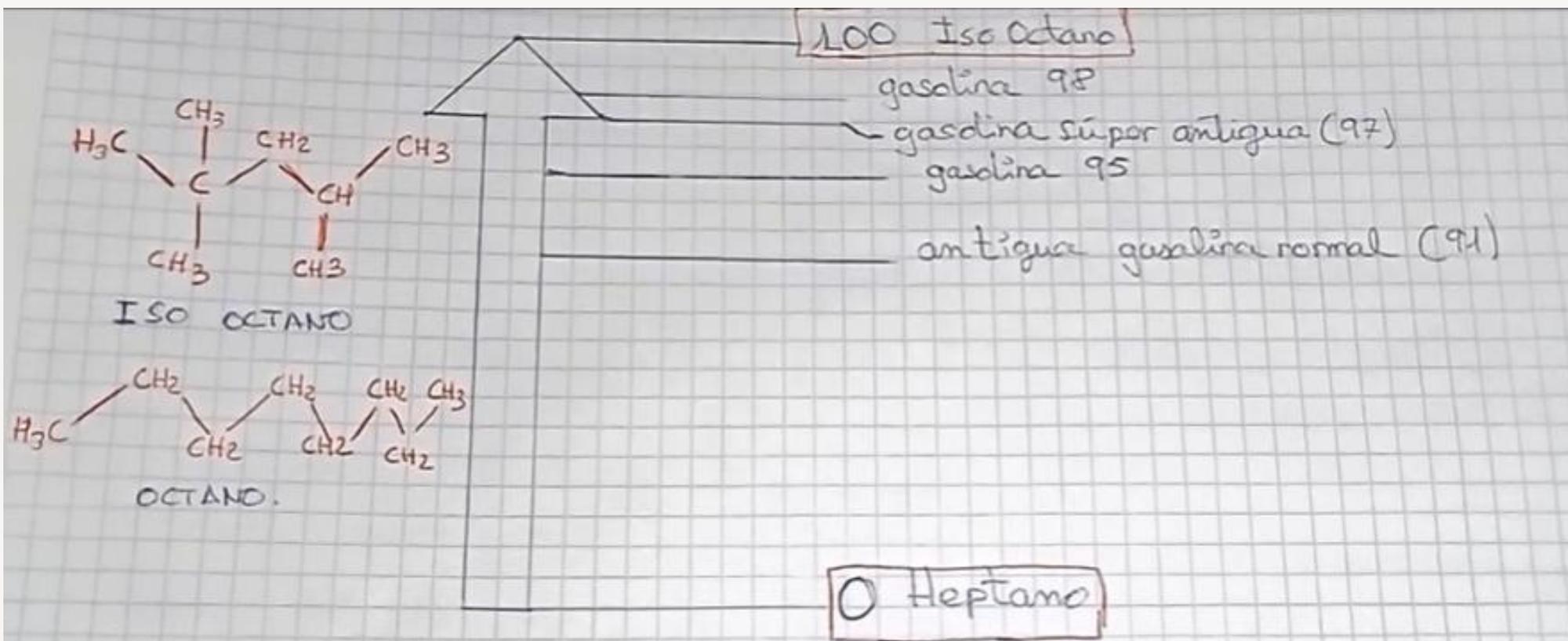
COMBUSTIÓN: reacción rápida

↓
calor gases

EXPLOSIÓN: reacción muy rápida

↓
calor, gases, aumento
subito de presión.

EXPLOSIÓN {
- DEFLAGRACIÓN { < 360 m/s
- DETONACIÓN { > 360 m/s



92 → motores de alta compresión (imperativo)

— motores de compresión media o moderada

87 — motores de compresión media o moderada





2.4 Cetanaje

El **número de cetano** (CN) de un biocombustible, como el biodiésel, es un indicador de su capacidad de ignición, es decir, su facilidad para encenderse en un motor diésel.

El biodiésel suele tener un CN mayor que el diésel tradicional, lo que puede mejorar la eficiencia del motor.

✓ Biodiésel (de origen vegetal o animal)

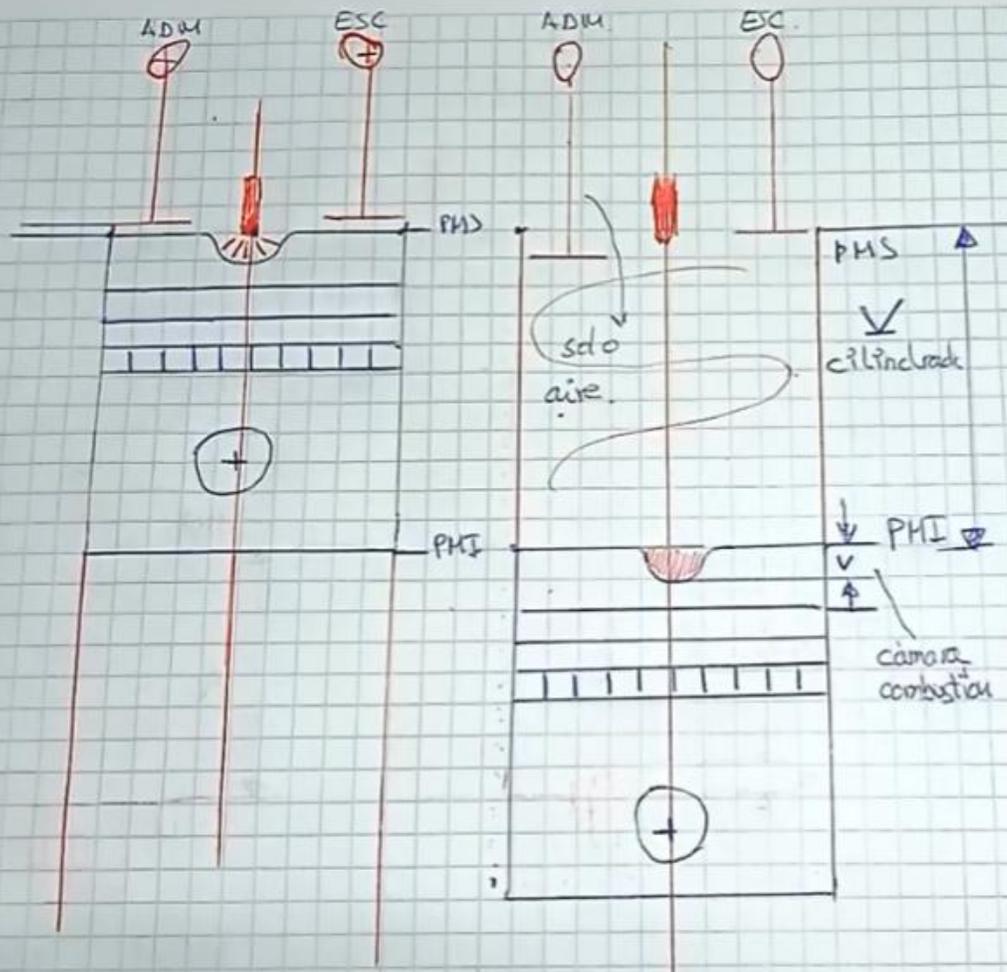
- Índice de cetano típico: 50 a 65
- Este valor es **más alto** que el del diésel fósil convencional, que suele tener un cetano de 40 a 55.
- **Ventaja:** Un mayor índice de cetano significa una **mejor combustión** y **menos emisiones** en motores diésel.

⚠ Mezclas (como B20 o B100):

- B20 (20% biodiésel, 80% diésel fósil): índice de cetano intermedio (aprox. 45–55).
- B100 (100% biodiésel): índice más alto, pero puede requerir ajustes en motores no adaptados.

El número de cetano está estrechamente influenciado por la composición de ácidos grasos.





$$R_c = \frac{V + v}{v}$$

motores I.D. { 16-19:1
motores I.I. { 21-23:1

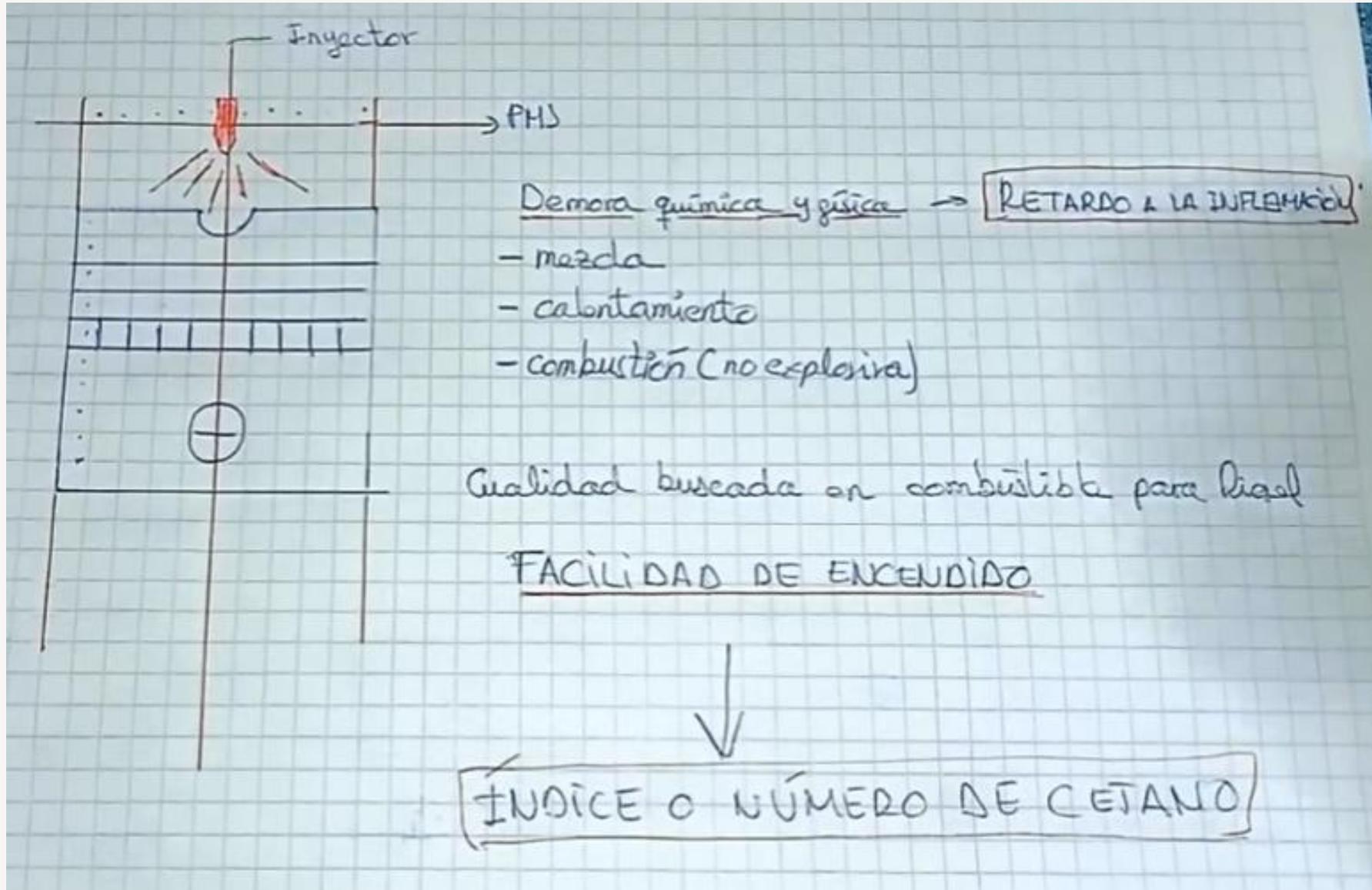
Pistón Gasolina

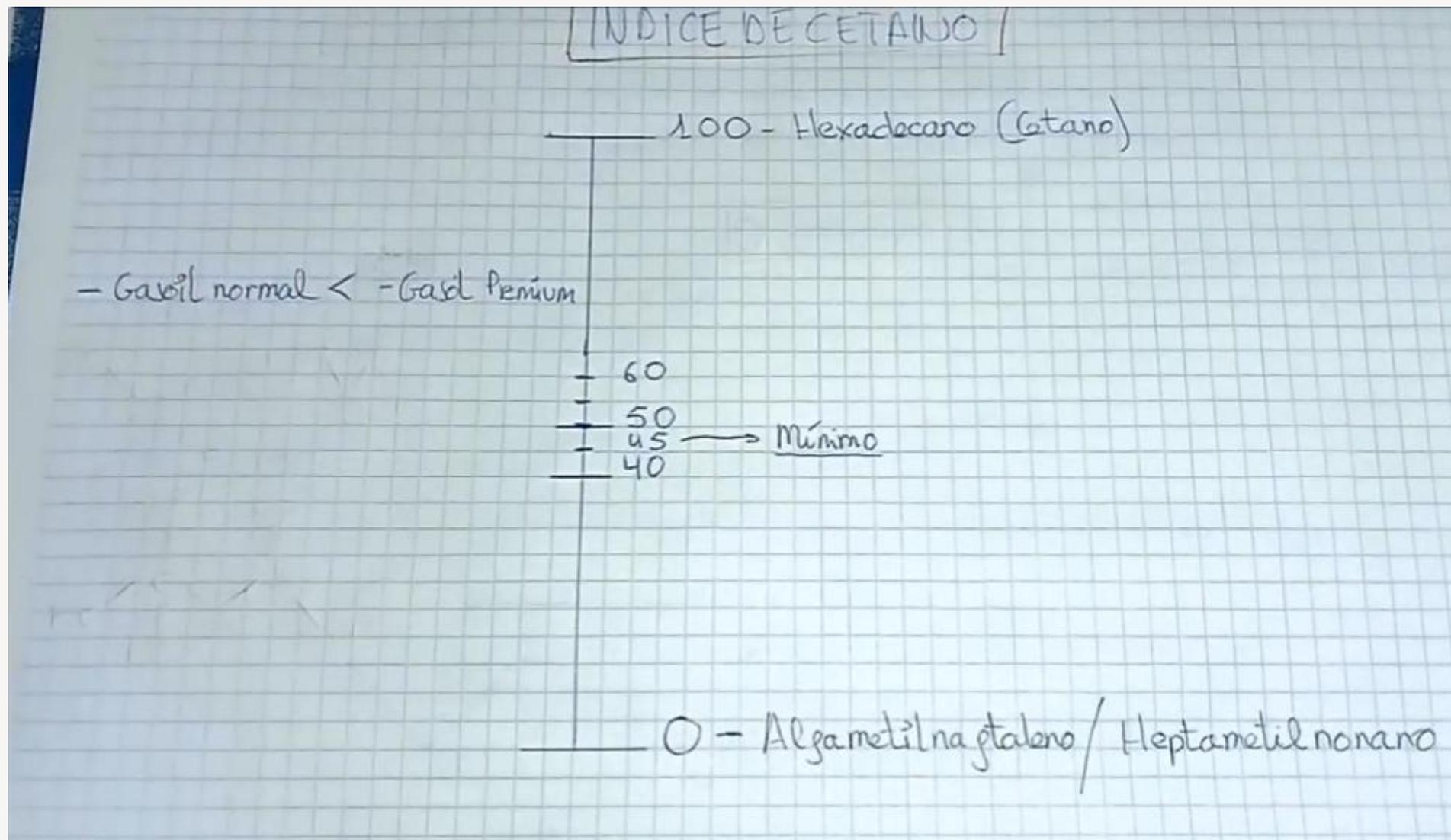


Pistón Diesel



R. Compresi	Temp. °C	presión (bar)
12	665	27
14	700	33
16	731	40
18	759	46
20	786	54
22	810	60







2.5 Densidad

La densidad de un biocombustible depende del tipo específico de biocombustible. Aquí tienes una lista con densidades típicas de algunos biocombustibles comunes, medidas a temperatura ambiente (aprox. 15–20 °C):

Biocombustible	Densidad aproximada (kg/m ³)	Densidad aproximada (g/cm ³)
Bioetanol	789 kg/m ³	0.789 g/cm ³
Biodiésel (B100)	870–900 kg/m ³	0.87–0.90 g/cm ³
Biobutanol	810–810 kg/m ³	0.81 g/cm ³
Aceite vegetal usado	900–930 kg/m ³	0.90–0.93 g/cm ³
Biogás (metano)	~0.72 kg/m ³	— (gas)



Estas densidades pueden variar ligeramente dependiendo de la materia prima utilizada, el proceso de producción y la temperatura de medición.

2.6 Viscosidad

La viscosidad de un biocombustible también varía según el tipo de combustible y la temperatura.

Biocombustible	Viscosidad cinemática (mm ² /s o cSt a 40°C)
Biodiésel (B100)	4.0 – 6.0 cSt
Bioetanol	~1.2 cSt
Biobutanol	~3.6 cSt
Aceite vegetal usado	30 – 40 cSt (puede variar mucho)
Diésel fósil	2.0 – 4.5 cSt (para comparar)



- El **biodiésel** tiene mayor viscosidad que el diésel fósil, pero aún dentro de los límites aceptables para motores diésel.
- Los **aceites vegetales crudos** tienen viscosidades muy altas, lo que puede causar problemas en inyectores y sistemas de combustión si no se procesan adecuadamente.
- La **viscosidad disminuye** con el aumento de la temperatura

2.7 PPM de minerales contaminantes

¿Qué es PPM?

PPM significa partes por millón, una unidad de medida para concentraciones muy pequeñas.

1 ppm = 1 parte de soluto por 1,000,000 partes de solución.

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{masa del soluto (mg)}}{\text{masa de la solución (kg)}} \right)$$

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{masa del soluto (mg)}}{\text{volumen de la solución (L)}} \right)$$





Minerales contaminantes

Los **minerales contaminantes** en los **biocombustibles** son elementos inorgánicos presentes en la materia prima vegetal o animal utilizada para producir biocombustibles, y que **pueden causar problemas ambientales, técnicos o de salud** cuando el biocombustible se quema o procesa

◆ ¿Cómo llegan estos minerales al biocombustible?

- Absorción por las plantas desde el **suelo** o el **agua**.
- Uso de **fertilizantes** o **pesticidas**.
- Contaminación durante la **recolección** o **procesamiento**.





Minerales contaminantes

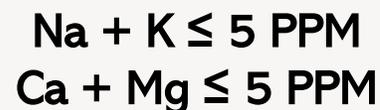
En los **biocombustibles**, aunque suelen ser más limpios que los combustibles fósiles, **también pueden contener minerales o compuestos contaminantes**, dependiendo de su materia prima y del proceso de producción

◆ ¿Cómo llegan estos minerales al biocombustible?

- Absorción por las plantas desde el suelo o el agua.
- Uso de fertilizantes o pesticidas.
- Contaminación durante la recolección o procesamiento.

Normas como la **ASTM D6751** y la **EN 14214** regulan los límites máximos de ciertos metales y minerales en el biodiésel.

Normas como ASTM D6751 (biodiesel) y EN 14214 (Europa) limitan el contenido de metales a ciertos valores en PPM:



Minerales contaminantes



- Aunque en menor cantidad que en el petróleo, puede estar presente si se usaron cultivos tratados con fertilizantes ricos en azufre.
- **Contaminante:** Dióxido de azufre (SO_2) al quemarse.

◆ 2. Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg)

- Son minerales comunes en biomasa vegetal.
- No son tóxicos, pero al quemarse pueden:
 - Formar cenizas y depósitos en motores o calderas.
 - Causar corrosión o disminuir la eficiencia energética.



Minerales contaminantes

◆ 3. Cloro (Cl)

- Presente si la biomasa creció en suelos salinos o si se usó agua contaminada
- Puede formar ácido clorhídrico (HCl) al quemarse.



◆ 4. Fósforo (P)

- Derivado de fertilizantes usados en cultivos para biodiésel (como soya o palma).
- Puede causar formación de cenizas pegajosas y también problemas de corrosión.



◆ 5. Metales pesados (trazas)

- Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Arsénico (As): Pueden acumularse si la biomasa fue cultivada en suelos contaminados.
- Aunque en cantidades muy pequeñas, su combustión puede liberar contaminantes peligrosos.





Los minerales contaminantes en biocombustibles son compuestos inorgánicos que, aunque en menor cantidad que en los combustibles fósiles, pueden afectar negativamente el ambiente y la tecnología usada para aprovecharlos, si no se controlan adecuadamente.



Ejercicios:

Ejercicio 1: Cálculo directo de PPM

Un litro de biodiésel contiene 6 mg de calcio (Ca). ¿Cuál es la concentración en PPM?

Solución:

$$\text{PPM} = \frac{6 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = 6 \text{ PPM}$$

⚠ Este valor excede el límite (5 PPM) → No apto para uso en motores según norma EN 14214.



Ejercicios:

Ejercicio 2: Mezcla de minerales

Un análisis revela lo siguiente en 1 litro de biodiésel:

- Sodio (Na): 2.5 mg
- Potasio (K): 2.8 mg

¿La mezcla cumple con la norma de $\text{Na} + \text{K} \leq 5 \text{ PPM}$?

Solución:

$$\text{Na} + \text{K} = 2.5 + 2.8 = 5.3 \text{ PPM}$$

! No cumple → riesgo de obstrucción en el sistema de inyección.



Ejercicios:

◇ Ejercicio 3: Cálculo a partir de masa de muestra

Si tienes 2 kg de biodiésel y se encuentran 8 mg de magnesio (Mg), ¿cuál es su concentración en PPM?

Solución:

$$\text{PPM} = \left(\frac{8 \text{ mg}}{2 \text{ kg}} \right) = 4 \text{ PPM}$$

✓ Aceptable si el límite es 5 PPM.



Tarea en clase:

Resuelva los siguientes ejercicios e indique si cumple o no con la normativa.

Ejercicio 1: Se analizaron **5 kg de biodiésel** y se detectaron **12.5 mg de sodio (Na)**.

¿Cuál es la concentración de Na en PPM?

Ejercicio 2: Un litro de biodiésel contiene **4.2 mg de potasio (K)**. ¿Cuál es la concentración en PPM?

Ejercicio 3: Un análisis revela lo siguiente en 1 litro de biodiésel:

•Sodio (Na): 3.1 mg

•Potasio (K): 2.2 mg

¿La mezcla cumple con la norma de $\text{Na} + \text{K} \leq 5$ PPM?

Ejercicio 4: Si tienes **3 kg de biodiésel** y se encuentran **9 mg de calcio (Ca)**, ¿cuál es su concentración en PPM?

Ejercicio 5: La concentración de CO₂ en el aire es de 350ppm. ¿Cuántos mg de CO₂ hay en 10L de aire)